

AK = AE

Docket # 4690/PCT  
Inventor: L. Weichenberger  
et al.

# Semiconductor acceleration sensor and testing method thereof

Patent number: DE4419267  
Publication date: 1994-12-15  
Inventor: UEYANAGI KATSUMICHI (JP)  
Applicant: FUJITSU TEN LTD (JP); FUJI ELECTRIC CO LTD (JP)  
Classification:  
- International: G01P15/08; G01P21/00; H01L49/00  
- European: G01P15/08A, G01P15/12E, G01P21/00  
Application number: DE19944419267. 19940601  
Priority number(s): JP19930133408 19930603

Also published as:

US5526687 (A1)  
JP6342007 (A)  
GB2280307 (A)

Abstract not available for DE4419267  
Abstract of correspondent: US5526687

A semiconductor acceleration sensor includes a silicon detecting member integrally processed from a silicon substrate, having a weight, a supporting portion, and a beam for coupling the weight with the supporting portion, at least one semiconductor strain gauge being formed on an upper surface of the beam; an upper glass provided on an upper portion of the silicon detecting member, and having a concave by which the weight is displaceable; and a lower glass provided on a lower portion of the silicon detecting member, and having a concave by which the weight is displaceable. The supporting portion of the silicon detecting member is electrostatically jointed with the upper glass and the lower glass, respectively; and conductive film is formed on the concave of the lower glass; and an opening portion through which a wiring pattern is externally derived from the conductive film is formed in the lower glass.

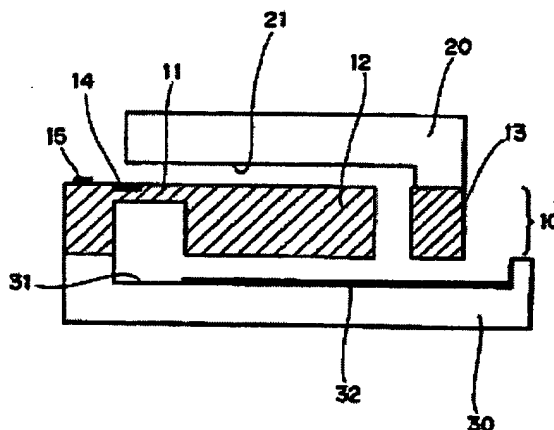


FIG. 3

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

USPS EXPRESS MAIL  
EV 415 086 485 US  
JULY 14 2004

BEST AVAILABLE COPY

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

AK=AE  
12 Offenlegungsschrift  
10 DE 44 19 267 A 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: 4690  
G 01 P 15/08  
G 01 P 21/00  
H 01 L 49/00  
Dt. SR

21 Aktenzeichen: P 44 19 267.3  
22 Anmeldetag: 1. 6. 94  
43 Offenlegungstag: 15. 12. 94

US 5,526,687

DE 44 19 267 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
03.06.93 JP 133408/93

71 Anmelder:  
Fuji Electric Co., Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP;  
Fujitsu Ten Ltd., Kobe, Hyogo, JP

74 Vertreter:  
Wagner, K., Dipl.-Ing.; Geyer, U., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 80538 München

72 Erfinder:  
Ueyanagi, Katsumichi, Kawasaki, Kanagawa, JP

Rechercheantrag gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt

64 Halbleiterbeschleunigungssensor und Testverfahren dafür

57 Ein Halbleiterbeschleunigungssensor, der folgendes aufweist: ein Siliziumdetektionsglied, das integral aus einem Siliziumsubstrat verarbeitet wurde, das ein Gewicht besitzt, ein Unterstützungsteil, und einen Träger, um das Gewicht mit dem Unterstützungsteil zu koppeln, mindestens einen Halbleiterdehnungsmesser, der an einer oberen Oberfläche des Trägers gebildet wird; ein oberes Glas, das an dem oberen Teil des Siliziumdetektionsgliedes vorgesehen ist und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist; und ein unteres Glas, das an einem unteren Teil des Siliziumdetektionsgliedes vorgesehen ist, und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist. Das Unterstützungsteil des Siliziumdetektionsgliedes ist elektrostatisch mit dem oberen Glas bzw. dem unteren Glas verbunden; und der leitende Film wird auf der Einbuchtung des unteren Glases gebildet; und ein Öffnungsteil, durch das im Verdrahtungsmuster extern abgeleitet wird, von dem leitenden Film in dem unteren Glas gebildet wird.

USPS EXPRESS MAIL  
EV 415 086 485 US  
JULY 14 2004

DE 44 19 267 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf Beschleunigungssensoren (Akzelerometern), um eine Beschleunigung zu erfassen. Genauer ist die vorliegende Erfindung auf einen Halbleiterbeschleunigungssensor gerichtet, in dem eine Beschleunigungsdetektionsschaltung angeordnet ist, indem man einen Halbleiterdehnungs- bzw. -spannungssensor bzw. -messer verwendet, und ebenfalls auf ein Verfahren, um den Beschleunigungssensor zu testen.

## Beschreibung des Standes der Technik

Ein kompakter Halbleiterbeschleunigungssensor bzw. -messer, der aufgebaut wird, indem man einen Dehnungsmesser, in ein Halbleitersubstrat montiert, ist auf diesem Gebiet der Technik bekannt. Normalerweise wird das Testen von Halbleiterbeschleunigungssensoren durchgeführt, indem man eine großdimensionierte mechanische Vibrationstestmaschine verwendet. Um einen Halbleiterbeschleunigungssensor herzustellen, der eine gleichförmige bzw. einheitliche Erfassungscharakteristik besitzt, wurde solch ein Einstellungsverfahren benutzt, um die Sensorsensitivitäten einzustellen, die man durch den Vibrationstest (nämlich ein Beschleunigungstest) der mechanischen Vibrationstestmaschine erhalten hat mit Verwendung der Korrekturschaltung. Da jedoch eine Vielzahl mechanischer Vibrationsteinstellungen in einer parallelen Betriebsart bzw. -mode betrieben werden sollen, um diese Sensortestprozesse bzw. -abläufe in einer Massenproduktion durchzuführen, ist notwendigerweise eine lange Testzeit erforderlich und außerdem würden sich die Herstellungskosten des Halbleiterbeschleunigungssensors erhöhen.

Um die oben erklärten Probleme zu lösen, wurde ein konventionelles Testverfahren im US-Patent Nr. 5,103,667, ausgegeben im Jahre 1992 an Allen et al. vorgeschlagen. Fig. 1 zeigt schematisch ein Beispiel des Halbleiterbeschleunigungssensors, wie er in diesem US-Patent offenbart wurde. Der Beschleunigungssensor ist aus Siliziummasse (Gewicht) 110, einer Kappe 140 und einer Siliziumbasis 150 aufgebaut. Die Siliziummasse 110 wird über Balken bzw. Träger (flexible Teile) 112 und 114 durch einen Siliziumrahmen 120 getragen. Zwei Piezowiderstände 130 und 132 werden auf den oberen Oberflächen (Oberseiten) der Träger 112 und 114 gebildet. Die Kappe 140 ist gegenüberliegend dem Rahmen 120 angeordnet, um einen Luftspalt 142 zu definieren, und eine Verschiebungselektrode 160 ist an der inneren Oberfläche (Innenfläche) der Kappe 140 vorgesehen. Die Masse 110 ist gegenüber der Siliziumbasis 150 angeordnet, um einen weiteren Luftspalt 152 aufzubauen. Ein Block (Kissen bzw. Feld) 141 ist an der oberen Oberfläche des Rahmens 120 vorgesehen. Dieser Feld 161 ist elektrisch mit einer Elektrode 160 verbunden über einen Metalleiter 180, der auf der Oberfläche der Kappe 140 gebildet ist.

Die Siliziumbasis 150, der Siliziumrahmen 120 und die Siliziumkappe 140 sind miteinander verbunden oder haften aneinander. Auch wenn diese Komponenten miteinander über Lot verbunden sind, oder aneinander haften unter Verwendung eines Haftmittels, würde jede dieser Haft- und Verbindungsschichten sich verschlechtern, was eine geringe Zuverlässigkeit zur Folge hat. Es gibt ein weiteres Problem, daß die Dicke der Befestigungsschicht bzw. der Haftschrift kontrolliert bzw. ge-

steuert werden muß.

Wie das Verfahren, um die Glieder bzw. Teile ohne jedes Verbindungs-(Haft)Mittel zu verbinden, ist auch das elektrostatische Verbindungsverfahren (Anodenverbindungsverfahren) in der Technik bekannt. Dieses elektrostatische Verbindungsverfahren wird verwendet, um Silizium mit Glas gemäß der folgenden Art und Weise zu verbinden. Das heißt, Silizium und Glas sind in einem engen Kontakt miteinander. Während des Erhitzens auf Temperaturen von 300 bis 500°C werden ungefähr 500 Volt an die Silizium- und Glasverbindung angelegt, so daß Alkaliionen, die in dem Glas enthalten sind, übertragen werden und eine Raumladungsschicht in der Nähe der Grenzen zwischen dem Glas und dem Silizium erzeugt wird. Als eine Folge wird eine große elektrostatische Kraft erzeugt zwischen der Oberfläche des Siliziums und des Glases, wodurch eine chemische Bindung an den Grenzen bzw. Grenzflächen auftreten kann. Es wird beabsichtigt, daß die chemische Verbindung entweder durch Deformation des Glases durch den Empfang der elektrostatischen Kraft oder aus dem Grund, daß O<sup>-</sup> (Ionen), die in dem Glas enthalten sind, übertragen werden durch den Empfang des elektrischen Feldes, und dann mit Si (Silizium), sich verbindet, wodurch SiO<sub>2</sub> (Siliziumdioxid bzw. Siliziumdioxid) an den Grenzflächen gebildet wird, verursacht wird.

In dem Fall, daß die elektrostatische Verbindung verwendet wird, um Silizium mit Silizium gemäß dem oben beschriebenen US-Patent, zu verbinden, wird ein SiO<sub>2</sub>-Film (Schicht) gebildet, um beide Siliziumoberflächen zu verbinden mittels nasser Oxidation. Zur selben Zeit wird eine große Menge von SiOH-Radikalen in dem SiO<sub>2</sub>-Film gebildet. Dies geschieht, weil H<sup>+</sup>, das durch die folgende Reaktionsformel gebildet wird, als ein Träger verwendet wird:



Da die elektrostatische Verbindung von Silizium mit Silizium bei einer so hohen Temperatur wie zum Beispiel 900°C ausgeführt wird, kann Aluminium, das normalerweise als ein Verdrahtungsmuster in einer Halbleitereinrichtung verwendet wird, nicht benutzt werden. Außerdem gibt es einen weiteren ungünstigen Einfluß, der durch das Erhitzen solch einer Einrichtung, in der die Schaltung bei höheren Temperaturen hergestellt wird, verursacht wird. Praktisch gesprochen, ist es schwierig, den oben beschriebenen elektrostatischen Verbindungsprozeß auf den Halbleiterbeschleunigungssensor anzuwenden.

Deshalb wird erwogen, Glas zu verwenden anstatt solchen Siliziums, um die Kappe 140 zu bilden, was in dem oben erläuterten US-Patent offenbart ist, und diese Glaskappe 140 wird elektrostatisch mit dem Siliziumrahmen 120 bei niedrigen Temperaturen von 300°C bis 500°C verbunden.

In Fig. 2 ist ein Beispiel gezeigt, in dem sowohl eine Kappe 200 und ein Substrat 300 aus Glas hergestellt sind und eine solche Dreifachschichtstruktur ist elektrostatisch bei einer niedrigen Temperatur mit einem Siliziumdetektionsglied 100 verbunden. Fig. 2 (a) ist eine Schnittansicht eines gesamten Beschleunigungssensors und Fig. 2 (b) ist ein teilweise vergrößertes Diagramm dieses Beschleunigungssensors.

Ein leitender Film bzw. Schicht 202 wird in einer Ausbuchtung (Konkave bzw. Konkavität) 201 der Kappe 200 gebildet, und ein Draht- bzw. Verdrahtungsmuster geht von diesem leitenden Film 202 über entweder eine

Verbindungs-oberfläche oder eine Haftoberfläche 400 auf das Siliziumdetektionsglied 100 über für Verbindungszwecke. Hier wird eine Wheatstone-Brücke gebildet auf der oberen Oberfläche eines Trägers 101 durch einen Halbleiterdehnungsmesser 104 und sowohl das Siliziumdetektionsglied 100 als auch das Gewicht 102 sind mit der Erdungsleitung dieser Brückenschaltung verbunden. Ein Unterstützungsglied 103 des Siliziumdetektionsglied 100 ist elektrostatisch mit einem Substrat 300 verbunden, wodurch eine Einbuchtung bzw. eine Konkave 301 gebildet wird.

Um solch eine Struktur eines konventionellen Halbleiterbeschleunigungssensors zu realisieren, muß das Verdrahtungsmuster gebildet sein von der Einbuchtung 201 der Kappe 200 durch entweder die Verbindungs-oberfläche oder die Haftoberfläche 400 an das Siliziumdetektionsglied 100. Im Ergebnis ist es technisch schwierig, die Flachheit von entweder der Verbindung(s-) oder der Haftoberfläche 400 aufrechtzuerhalten, was die Zuverlässigkeit hinsichtlich der mechanischen Stärke verschlechtern wird. Insbesondere, wenn ein solcher Beschleunigungssensor als ein Crash oder Zusammenstoßdetektionssensor verwendet würde, zum Beispiel in einer Gassack-(airbag)Einrichtung für Automobile, würde die oben beschriebene verschlechterte Zuverlässigkeit ernste Sensorprobleme verursachen, da die Sensorstruktur eine hohe Zuverlässigkeit erforderlich macht. Andererseits, obwohl es praktisch möglich sein könnte, entweder die Verbindungsfläche oder die Haftfläche größer auszuführen, um die oben beschriebenen Probleme zu vermeiden, gibt es andere verschiedene Probleme dahingehend, daß die Chipgröße des Beschleunigungssensors größer werden würde, und die Herstellungskosten davon erhöht würden.

#### Zusammenfassung der Erfindung

Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist, einen Halbleiterbeschleunigungssensor bzw. -messer mit hoher Zuverlässigkeit zu schaffen.

Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, einen solchen Halbleiterbeschleunigungssensor zu schaffen, dessen Herstellungskosten gering sind und der leicht getestet werden kann oder kalibriert werden kann, ohne großdimensionierte Beschleunigungstestmaschinen zu verwenden.

Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, um die Charakteristik bzw. Kennlinie eines Halbleiterbeschleunigungssensors zu testen, ohne großdimensionierte Beschleunigungstestmaschinen zu verwenden.

Um die oben beschriebenen Ziele zu erreichen, ist ein Halbleiterbeschleunigungssensor gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß er folgendes aufweist:

ein Siliziumdetektionsglied, das integral aus einem Siliziumsubstrat verarbeitet wurde, das ein Gewicht, ein Unterstützungsteil, und einen Balken bzw. Träger besitzt, um das Gewicht mit dem Unterstützungsteil zu koppeln bzw. kuppeln, mindestens einen Halbleiterdehnungsmesser, der auf einer oberen Oberfläche des Trägers gebildet wird;

ein oberes Glas, das auf dem oberen Teil des Siliziumdetektionsglieds vorgesehen ist und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar bzw. im Ort veränderbar ist; und

ein unteres Glas, das auf einem unteren Teil des Siliziumdetektionsglieds vorgesehen ist und eine Einbuch-

tung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist; wobei das Unterstützungsteil des Siliziumdetektionsglieds elektrostatisch mit dem oberen Glas bzw. dem unteren Glas verbunden ist; wobei ein leitender Film auf der Einbuchtung des unteren Glases gebildet wird; und wobei ein Öffnungsteil, durch das ein Verdrahtungsmuster extern von dem leitenden Film abgeleitet wird, in dem unteren Glas gebildet wird.

Hier kann ein Öffnungsteil zum elektrischen Verbinden des Halbleiterdehnungsmessers mit einer externen Schaltung vorgesehen sein zwischen dem Siliziumdetektionsglied und dem oberen Glas.

Der Träger kann ein Hebel sein.

Der Träger kann ein Brückenträger sein.

Der Träger kann eine Zwei-Trägerbrückenstruktur sein.

Der Träger kann eine Vier-Trägerbrückenstruktur sein.

Eine Dimension des unteren Glases kann größer ausgeführt sein als die des Siliziumdetektionsglieds.

Ebenfalls gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein Verfahren zum Testen eines Halbleiterbeschleunigungssensors folgendes auf: ein Siliziumdetektionsglied, das integral aus einem Siliziumsubstrat verarbeitet wurde, das ein Gewicht besitzt, ein Unterstützungsteil und einen Träger, um das Gewicht mit dem Unterstützungsteil zu koppeln bzw. kuppeln, mindestens einen Halbleiterdehnungsmesser, der auf einer oberen Oberfläche des Trägers gebildet wird; ein oberes Glas, das auf dem oberen Teil des Siliziumdetektionsglieds vorgesehen ist, und das eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist; und ein unteres Glas, das auf einem unteren Teil des Siliziumdetektionsglieds vorgesehen ist, und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist; wobei das Unterstützungsteil des Siliziumdetektionsglieds elektrostatisch mit dem oberen Glas bzw. unteren Glas verbunden ist; ein leitender Film bzw. Schicht auf der Einbuchtung des unteren Glases gebildet wird; und ein Öffnungsteil, durch das ein Verdrahtungsmuster extern von dem leitenden Film abgeleitet wird, in dem unteren Glas gebildet wird, und wobei das Verfahren zum Testen eines Halbleiterbeschleunigungssensors dadurch gekennzeichnet ist, daß: ein DC (Gleichstrom) Potential an den leitenden Film des unteren Glases derart angelegt wird, daß eine Potentialdifferenz zwischen dem Substrat des Siliziumdetektionsglieds und der Einbuchtung des unteren Glases erzeugt wird; und künstliche Beschleunigung wird erzeugt mittels einer elektrostatischen Kraft, die zwischen der unteren Oberfläche des Gewichts des Siliziumdetektionsglieds und des leitenden Films ausgeübt wird, der gebildet wird auf der Einbuchtung des unteren Glases, wodurch die Kalibrierung des Halbleiterbeschleunigungssensors durchgeführt wird.

Die Kalibrierung kann in solch einer Art und Weise ausgeführt werden, daß eine charakteristische Kurve oder Kennlinie, die die Beziehung zwischen dem angelegten DC-Potential und der künstlichen Beschleunigung darstellt, als eine Kalibrierungskurve verwendet wird.

Weiter gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein Verfahren zum Testen eines Halbleiterbeschleunigungssensors folgendes auf: ein Siliziumdetektionsglied, das integral aus einem Siliziumsubstrat verarbeitet wurde, das ein Gewicht besitzt, ein Unterstützungsteil und einen Träger, um das Gewicht mit dem Unterstützungsteil zu koppeln, mindestens einen Halbleiterdehnungssensor, der auf einer oberen

Oberfläche des Trägers gebildet wird; ein oberes Glas, das auf einem oberen Teil des Siliziumdetektionsglieds vorgesehen ist und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist; und ein unteres Glas, das auf einem unteren Teil des Siliziumdetektionsglieds vorgesehen ist, und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist; wobei das Unterstützungsteil des Siliziumdetektionsgliedes elektrostatisch mit dem oberen Glas bzw. dem unteren Glas verbunden ist; ein leitender Film auf der Einbuchtung des unteren Glases gebildet wird; und ein Öffnungsteil, durch das ein Verdrahtungsmuster extern aus dem leitenden Film abgeleitet wird, in dem unteren Glas gebildet wird, wobei das Verfahren zum Testen eines Halbleiterbeschleunigungssensors dadurch gekennzeichnet ist, daß: ein AC (Wechselstrom) Potential an den leitenden Film des unteren Glases derart angelegt wird, daß eine Potentialdifferenz zwischen dem Substrat des Siliziumdetektionsgliedes und der Einbuchtung des unteren Glases erzeugt wird; und eine künstliche Beschleunigung erzeugt wird mittels einer elektrostatischen Kraft, die zwischen der unteren Oberfläche des Gewichtes des Siliziumdetektionsglieds und dem leitenden Film, der auf der Einbuchtung des unteren Glases gebildet wird, ausgeübt wird, wodurch die Kalibrierung des Halbleiterbeschleunigungssensors durchgeführt wird.

Die Kalibrierung kann durchgeführt werden derart, daß eine charakteristische Kurve, die repräsentativ für die Beziehung zwischen dem angelegten AC-Potential und der künstlichen Beschleunigung ist, verwendet wird als eine Kalibrierungskurve.

Die obigen und andere Ziele, Wirkungen, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden klarer werden aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Für ein besseres Verständnis der vorliegenden Erfindung wird Bezug genommen auf die detaillierte Beschreibung im Zusammenhang mit den Zeichnungen. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine Schnittansicht eines konventionellen Halbleiterbeschleunigungssensors;

Fig. 2(a) eine Schnittansicht eines anderen konventionellen Halbleiterbeschleunigungssensors;

Fig. 2(b) ein teilweise vergrößerte Ansicht des Halbleiterbeschleunigungssensors, der in Fig. 2(a) gezeigt ist;

Fig. 3 eine Schnittansicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4A bis 4D perspektivische Ansichten zur Darstellung einer Struktur des ersten Halbleiterbeschleunigungssensors, der in Fig. 3 gezeigt wurde, Fig. 4A eine perspektivische Ansicht der äußeren Erscheinung des ersten Halbleiterbeschleunigungssensors, und Fig. 4B bis 4D perspektivische Explosionsansichten eines oberen Glases 20, eines Siliziumdetektionsglieds 10 und eines unteren Glases 30 eines ersten Ausführungsbeispiels des Halbleiterbeschleunigungssensors;

Fig. 5 eine Schnittansicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 eine perspektivische Teilansicht eines Siliziumdetektionsglieds, das eine Zwei-Trägerbrückenstruktur besitzt;

Fig. 7 ist eine perspektivische Teilansicht eines Siliziumdetektionsglieds, das eine Vier-Trägerbrückenstruktur besitzt, und

Fig. 8 stellt eine charakteristische Kurve bzw. Kennlinie einer Beziehung zwischen einer angelegten Spannung und einer künstlichen Beschleunigung dar.

#### Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

In Bezug auf die Zeichnungen wird ein Halbleiterbeschleunigungssensor gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung im Detail beschrieben werden.

Fig. 3 ist eine Schnittansicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Fig. 4A bis 4D sind Illustrationen, um die geschnittenen Strukturen des ersten Halbleiterbeschleunigungssensors zu erklären, Fig. 4A ist eine perspektivische Ansicht der äußeren Erscheinung des ersten Halbleiterbeschleunigungssensors und die Fig. 4B bis 4D sind perspektivische Explosionsansichten eines oberen Glases 20, eines Siliziumdetektionsglieds 10 bzw. eines unteren Glases 30 davon. Das heißt, Fig. 4B zeigt schematisch eine perspektivische Explosionsansicht des oberen Glases 20, dessen obere und untere Teile umgekehrt sind und Fig. 4C ist ein teilweises fragmentäres Diagramm des Siliziumdetektionsglieds 10. Fig. 3 ist eine Schnittansicht des ersten Beschleunigungssensors, wobei entlang der unterbrochenen Linie A der Fig. 4A geschnitten wurde.

Wie in Fig. 3 dargestellt ist, schließt das Siliziumdetektionsglied 10 einen Hebel (flexibler Teil) 11, ein Gewicht (Masse) 12, und ein Unterstützungsteil 13 ein, die integral aus einem Siliziumsubstrat verarbeitet wurden. Ein Halbleiterdehnungsmesser 14 ist auf der oberen Oberfläche des Hebels (Kantilever) 11 hergestellt.

Ein oberes Glas 20, in dem eine Einbuchtung 21 auf der Seite gebildet wird, die gegenüberliegend dem Gewicht 12 angeordnet ist, ist elektrostatisch mittels des oben erklärten bekannten Verfahrens an die obere Oberfläche (Oberseite) des Unterstützungsteils 13 derart verbunden, daß das Gewicht 12, getragen von dem Träger 11 verschoben werden kann, wenn es eine Beschleunigung erfährt. Ähnlich ist ein unteres Glas 30, das eine Einbuchtung 31 besitzt, die gegenüberliegend dem Gewicht 12 angeordnet ist, elektrostatisch mit einer unteren Seite des Unterstützungsteils 13 des Siliziumdetektionsglieds 10 derart verbunden, daß das Gewicht 12, getragen von dem Träger 11, verschoben werden kann, wenn es eine Beschleunigung erfährt. Ein dünner leitender Film 32 wird auf der Oberfläche der Einbuchtung 31 des unteren Glases 30 gebildet, mittels "Vapor deposition" (Dampfabscheidung), Sputtern (Sprühen) und ähnliches. Die Größe des unteren Glases 30 ist etwas größer als die des Siliziumdetektionsglieds 10, damit ein Verdrahtungsmuster, das zum Beispiel aus Aluminium hergestellt ist, von dem dünnen leitenden Film 32 abgeleitet werden kann mittels einer Drahthaftung bzw. -verbindung und ähnlichem.

Die Wheatstone-Brückenschaltung ist derart konstruiert, daß, wenn eine Beschleunigung erzeugt wird, eine Differenzausgabe erzeugt wird durch eine Vielzahl von Halbleiterdehnungsmessern 14, die auf der oberen Oberfläche des Trägers 11 hergestellt wurden. Das Siliziumsubstrat auf dem Siliziumdetektionsglied 10 ist mit einer Erdungsleitung einer Stromversorgung der Wheatstone-Brückenschaltung verbunden. Sonst wird das Potential auf dem Substrat auf Erdepotential gelegt.

Man sollte beachten, daß ein Halbleiterdehnungsmesser per se in der Technik bekannt ist und deshalb kann der Halbleiterdehnungsmesser 14, der in dem ersten Ausführungsbeispiel verwendet wird, mit dem bekannten Herstellungsverfahren hergestellt werden. Dehnung, die in dem Träger (flexibles Teil) 11 erzeugt wird, wird extern abgeleitet als eine Widerstandsvariation durch den Dehnungssensor 14 über einen Feld 15, der auf der Oberfläche des Detektionsglieds 10 vorgesehen ist. Ebenfalls wird in diesem Halbleiterbeschleunigungssensor das Verdrahtungsmuster oder ein Teil davon geschützt durch einen Passivierungsfilm, wie zum Beispiel entweder  $\text{SiO}_2$  oder  $\text{SiN}$ , ähnlich der normalen Halbleitereinrichtung. Als eine Konsequenz wird die elektrostatische Verbindung zwischen dem Siliziumdetektionsglied 10 und dem oberen Glas 20 so ausgeführt, daß sie nicht das Verdrahtungsmuster oder einen Passivierungsfilm kontaktiert und das linke Ende der oberen Oberfläche des Siliziumdetektionsglieds, das in Fig. 3 dargestellt ist, wird geöffnet. Dies kann die elektrostatische Verbindung sichern und ebenfalls die Sicherheitscharakteristiken des Verdrahtungsmusters verbessern. Ähnlich ist ein Nutteil 33 an dem unteren Glas 30 vorgesehen, so daß die Verbindung des dünnen leitenden Films 32 mit dem externen Teil leicht sichergestellt werden kann, und ebenfalls die elektrostatische Verbindung zwischen dem Siliziumdetektionsglied 10 und dem unteren Glas 30 kann sichergestellt werden. Es sollte beachtet werden, daß die Form des Nutteils 33 verwendet wird, um das Verdrahtungsmuster aus dem dünnen leitenden Film 32 abzuleiten, nicht begrenzt ist auf die Formen, die in den Fig. 4A und 4D gezeigt sind. Die Abmessungen des unteren Glases 30 können größer als die des Siliziumdetektionsglieds 10 ausgeführt sein. Zum Beispiel kann ein großer Öffnungsteil vorgesehen sein, der sich der gesamten Länge des rechten Endes des Siliziumdetektionsglieds 10 der Fig. 4A nähert.

Fig. 5 ist eine Schnittansicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Grob gesprochen, besitzt dieser zweite Beschleunigungssensor eine ähnliche Struktur der des ersten Beschleunigungssensors mit der Ausnahme, daß der oben erläuterte Hebel durch einen Brückenträger ersetzt ist. Eine gesamte äußere Erscheinung des zweiten Halbleiterbeschleunigungssensors ist ähnlich zu der der Fig. 4A und Fig. 5 ist eine Schnittansicht des zweiten Halbleiterbeschleunigungssensors, geschnitten entlang der unterbrochenen Linie A der Fig. 4A. Die Formen des oberen Glases 20 und des unteren Glases 30 sind ähnlich zu denen, wie in Fig. 4B und 4D gezeigt ist. Fig. 6 ist eine perspektivische Teilansicht eines Siliziumdetektionsglieds, das eine Zwei-Trägerbrückenstruktur besitzt, und Fig. 7 ist eine perspektivische Teilansicht eines anderen Siliziumdetektionsglieds, das eine Vier-Trägerbrückenstruktur besitzt. Das Siliziumdetektionsglied 10, das obere Glas 20 und das untere Glas 30 sind elektrostatisch miteinander verbunden in einer ähnlichen Art und Weise zu der des ersten Ausführungsbeispiels.

In solch einem Halbleiterbeschleunigungssensor, der realisiert wurde durch Verwendung der oben beschriebenen Strukturen, können sowohl das obere Glas 20 als auch das untere Glas 30 zwangsweise die Verschiebung des Gewichtes 12 anhalten, damit der Träger 11 nicht zerstört wird durch das Erfahren von exzessiver Beschleunigung. Außerdem können exzessive Vibrationen, die bei einer Resonanzfrequenz der Struktur oder Schwingungen, die aus dem Träger 11 und dem Gewicht

12 aufgebaut ist, auftreten, unterdrückt werden durch den Druckfilmeffekt (squeeze film effect), der in einem Raum zwischen dem Gewicht 12 und den oberen/unteren Gläsern 20, 30 ausgeübt wird.

Eine Beschreibung wird nun gegeben werden für ein Verfahren, um solche Halbleiterbeschleunigungssensoren zu kalibrieren.

Wenn eine Spannung "V" angelegt wird an den dünnen leitenden Film 32, der in der Einbuchtung 31 des unteren Glases 30 gebildet wird, wird eine elektrostatische Kraft "Fv", die durch die weiter unten erwähnte Formel dargestellt wird, zwischen der unteren Oberfläche des Gewichtes 12 und dem dünnen leitenden Film 32 des unteren Glases 30 ausgeübt. Die elektrostatische Kraft "Fv" wird in Gleichgewicht stehen mit der Federkraft "Fk", die von dem Träger 11 an einem Punkt erzeugt wird, an dem das Gewicht 12 um " $\Delta x$ " verschoben wird. Diese Gleichgewichtsformel wird wie folgt ausgedrückt:

$$F_v = F_k$$

wobei die Kraft Fv und Fk dargestellt werden durch die unten erwähnten Formeln:

$$F_v = 0,5 \times \epsilon \times \epsilon_0 \times S \times (V/d - \Delta x)^2$$

$$F_k = K \Delta x$$

wobei das Symbol " $\epsilon$ " eine relative dielektrische Konstante eines Mediums indiziert, das zwischen dem Gewicht 12 und der Einbuchtung 31 des unteren Glases 30 existiert, das Symbol " $\epsilon_0$ " eine dielektrische Konstante (F/m) im Vakuum bezeichnet, das Symbol "S" eine Fläche ( $\text{m}^2$ ) der unteren Oberfläche des Gewichtes 12, das Symbol "d" eine Tiefe (m) der Einbuchtung 31 darstellt, das Symbol " $\Delta x$ " ein Verschieben des Gewichtes 12 darstellt, das durch die elektrostatische Kraft verursacht wurde, und das Symbol "K" zeigt eine Federkonstante des Trägers 11.

Die Verschiebung " $\Delta x$ " in dieser Gleichgewichtsstellung kann ersetzt werden durch eine Verschiebung, die auftritt, wenn eine bestimmte Beschleunigung erzeugt wird. Die Sensitivitätskorrektur des Beschleunigungssensors kann durchgeführt werden unter solch einer Bedingung, daß die elektrostatische Kraft aus künstlicher Beschleunigung verwendet wird, nämlich die Kalibration durchgeführt wird.

Fig. 8 stellt eine Beziehung zwischen der künstlichen Beschleunigung "G" und der angelegten Spannung V dar, um eine elektrostatische Kraft unter den Bedingungen, daß das oben erklärte Medium Luft ist; die Dimensionen des Trägers 11 sind 1,9 mm Länge, und 0,03 mm Dicke; die Fläche der unteren Oberfläche des Gewichtes 12 wird als  $2,25 \text{ mm}^2$  ausgewählt; und die Tiefe der Einbuchtung 31 wird als 0,012 mm ausgewählt. Die in Fig. 8 gezeigte Kurve wird als Kalibrationskurve verwendet, um die Sensitivitätskorrektur des Beschleunigungssensors durchzuführen.

Es sollte ebenfalls beachtet werden, daß, obwohl Fig. 8 einen solchen Fall anzeigt, wenn eine DC-Spannung angelegt wird, das alternativ ebenso eine AC-Spannung angelegt werden kann. In diesem alternativen Fall kann eine höhere künstliche Beschleunigung erreicht werden mit einer niedrigeren angelegten Spannung, indem man solch eine AC-Spannung anlegt, die eine Frequenz besitzt in der Nähe der natürlichen Frequenz (Eigenfrequenz), die durch die Masse des Ge-

wichtiges 12 und die Federkonstante des Trägers 11 bestimmt wird.

Wie oben beschrieben wurde, können gemäß der vorliegenden Erfindung folgende verschiedene Vorteile erreicht werden.

(1) Die Sensitivitätskalibrierung des Beschleunigungssensors kann einfach ausgeführt werden ohne Verwendung des mechanischen Vibrationstests und der mechanischen Vibrationstestmaschine, so daß die Herstellungskosten dieses Beschleunigungsmessers verringert werden können.

(2) Da das Verbindungsteil von dem oberen Glas und dem unteren Glas und dem Siliziumdetektionsglied, das eine exzessive Verschiebung des Gewichtes verhindern kann, in einen flachen Zustand aufrechterhalten werden kann, kann die Zuverlässigkeit hinsichtlich mechanischer Stärke verbessert werden.

Die vorliegende Erfindung wurde im Detail mit Bezug auf bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben und es wird klar sein, daß Veränderungen und Modifikationen gemacht werden können, um von der Erfindung abzuweichen in ihren breiteren Aspekten, und es ist deshalb die Absicht, in den angefügten Patentansprüchen alle solchen Änderungen und Modifikationen, die innerhalb des wahren Geistes der Erfindung fallen, abzudecken.

Zusammenfassend sieht die Erfindung folgendes vor. Ein Halbleiterbeschleunigungssensor, der folgendes aufweist: ein Siliziumdetektionsglied, das integral aus einem Siliziumsubstrat verarbeitet wurde, das ein Gewicht besitzt, ein Unterstützungsteil, und einen Träger, um das Gewicht mit dem Unterstützungsteil zu koppeln, mindestens einen Halbleiterdehnungsmesser, der an einer oberen Oberfläche des Trägers gebildet wird; ein oberes Glas, das an dem oberen Teil des Siliziumdetektionsgliedes vorgesehen ist und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist; und ein unteres Glas, das an einem unteren Teil des Siliziumdetektionsgliedes vorgesehen ist, und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist. Das Unterstützungsteil des Siliziumdetektionsgliedes ist elektrostatisch mit dem oberen Glas bzw. dem unteren Glas verbunden; und der leitende Film wird auf der Einbuchtung des unteren Glases gebildet; und ein Öffnungsteil, durch das im Verdrahtungsmuster extern abgeleitet wird, von dem leitenden Film in dem unteren Glas gebildet wird.

#### Patentansprüche

1. Halbleiterbeschleunigungssensor, der folgendes aufweist:

ein Siliziumdetektionsglied, das integral aus einem Siliziumsubstrat verarbeitet wurde, das ein Gewicht besitzt, ein Unterstützungsteil und einen Träger bzw. Balken, um das Gewicht mit dem Unterstützungsteil zu koppeln bzw. kuppeln, mindestens einen Halbleiterdehnungsmesser, der auf einer oberen Oberfläche des Trägers gebildet wird, ein oberes Glas, das auf einem oberen Teil des Siliziumdetektionsgliedes vorgesehen ist, und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist;

ein unteres Glas, das an dem unteren Teil des Siliziumdetektionsgliedes vorgesehen ist und eine Ein-

buchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist; und

wobei das Unterstützungsteil des Siliziumdetektionsgliedes elektrostatisch mit dem oberen Glas bzw. dem unteren Glas verbunden ist; ein leitender Film gebildet wird auf der Einbuchtung des unteren Glases; und ein Öffnungsteil, durch das ein Verdrahtungsmuster extern aus dem leitenden Film abgeleitet wird, auf dem unteren Glas gebildet wird.

2. Halbleiterbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, wobei eine Öffnungsteil zum elektrischen Verbinden mit dem Halbleiterdehnungsmesser mit einem externen Schaltkreis vorgesehen ist, zwischen dem Siliziumdetektionsglied und dem oberen Glas.

3. Halbleiterbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, wobei der Träger ein Hebel, insbesondere ein Kantilever, ist.

4. Halbleiterbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, wobei der Träger ein Brückenträger ist.

5. Halbleiterbeschleunigungssensor nach Anspruch 4, wobei der Balken eine Zwei-Trägerbrückenstruktur ist.

6. Halbleiterbeschleunigungssensor nach Anspruch 4, wobei der Träger eine Vier-Trägerbrückenstruktur ist.

7. Halbleiterbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, wobei eine Dimension des unteren Glases größer ausgeführt ist als die des Siliziumdetektionsgliedes.

8. Verfahren zum Testen eines Halbleiterbeschleunigungssensors, der folgendes aufweist: ein Siliziumdetektionsglied, das integral aus einem Siliziumsubstrat verarbeitet wurde, der ein Gewicht besitzt, ein Unterstützungsteil und einen Träger zum Koppeln des Gewichtes mit dem Unterstützungsteil, mindestens einen Halbleiterdehnungssensor, der auf einer oberen Oberfläche des Trägers gebildet ist; ein oberes Glas, das an einem oberen Teil des Siliziumdetektionsgliedes vorgesehen ist und eine Einbuchtung (Konkavität) besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist; und ein unteres Glas, das an dem unteren Teil des Siliziumdetektionsgliedes vorgesehen ist, und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist; wobei das Unterstützungsteil des Siliziumdetektionsgliedes elektrostatisch mit dem oberen Glas bzw. dem unteren Glas verbunden ist;

ein leitender Film gebildet wird auf der Einbuchtung des unteren Glases; und ein Öffnungsteil, durch das ein Verdrahtungsmuster extern aus dem leitenden Film abgeleitet wird, in dem unteren Glas gebildet wird;

wobei das Halbleiterbeschleunigungssensortestverfahren gekennzeichnet wird, dadurch daß:

ein DC (Gleichstrom)-Potential an den leitenden Film des unteren Glases derart angelegt wird, daß eine Potentialdifferenz zwischen dem Substrat des Siliziumdetektionsgliedes und der Einbuchtung des unteren Glases erzeugt wird; und

künstliche Beschleunigung erzeugt wird mittels einer elektrostatischen Kraft, die zwischen der unteren Oberfläche des Gewichtes des Siliziumdetektionsgliedes und dem leitenden Film, der auf der Einbuchtung des unteren Glases gebildet ist, ausgeübt wird, wodurch eine Kalibrierung des Halbleiterbeschleunigungssensors durchgeführt wird.

9. Verfahren zum Testen eines Halbleiterbeschleunigungssensors nach Anspruch 8, wobei die Kalibrierung ausgeführt wird derart, daß eine charakte-

ristische Kurve bzw. Kennlinie, die eine Beziehung zwischen dem angelegten DC-Potential und der künstlichen Beschleunigung darstellt, als eine Kalibrierungskurve verwendet wird.

10. Verfahren zum Testen eines Halbleiterbeschleunigungssensors, der folgendes aufweist: ein Siliziumdetektionsglied, das integral aus einem Siliziumsubstrat verarbeitet wurde, das ein Gewicht besitzt, ein Unterstützungsteil und einen Träger, um das Gewicht mit dem Unterstützungsteil zu koppeln, mindestens einen Halbleiterdehnungsmesser, der an einer oberen Oberfläche des Trägers gebildet wird; ein oberes Glas, das an einem oberen Teil des Siliziumdetektionsgliedes vorgesehen ist, und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist und ein unteres Glas, das an dem unteren Teil des Siliziumdetektionsgliedes vorgesehen ist und eine Einbuchtung besitzt, durch die das Gewicht verschiebbar ist; wobei das Unterstützungsteil des Siliziumdetektionsgliedes elektrostatisch mit dem oberen Glas bzw. dem unteren Glas verbunden ist; und der leitende Film auf der Einbuchtung des unteren Glases gebildet wird; und ein Öffnungsteil, durch das ein Verdrahtungsmuster extern aus dem leitenden Film abgeleitet wird, in dem unteren Glas gebildet wird; wobei das Verfahren zum Testen eines Halbleiterbeschleunigungssensors dadurch gekennzeichnet ist, daß:

ein AC (Wechselstrom)-Potential an den leitenden Film des unteren Glases derart angelegt wird, daß eine Potentialdifferenz zwischen dem Substrat des Siliziumdetektionsgliedes und der Einbuchtung des unteren Glases erzeugt wird; und eine künstliche Beschleunigung erzeugt wird mittels einer elektrostatischen Kraft, die zwischen der unteren Oberfläche des Gewichtes des Siliziumdetektionsgliedes und des leitenden Films, der auf der Einbuchtung des unteren Glases gebildet wird, ausgeübt wird, wodurch eine Kalibrierung des Halbleiterbeschleunigungssensors durchgeführt wird.

11. Verfahren zum Testen eines Halbleiterbeschleunigungssensors nach Anspruch 10, wobei die Kalibrierung derart ausgeführt wird, daß eine charakteristische Kurve bzw. Kennlinie, die repräsentativ für eine Beziehung zwischen dem angelegten AC-Potential und der künstlichen Beschleunigung ist, als eine Kalibrierungskurve verwendet wird.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

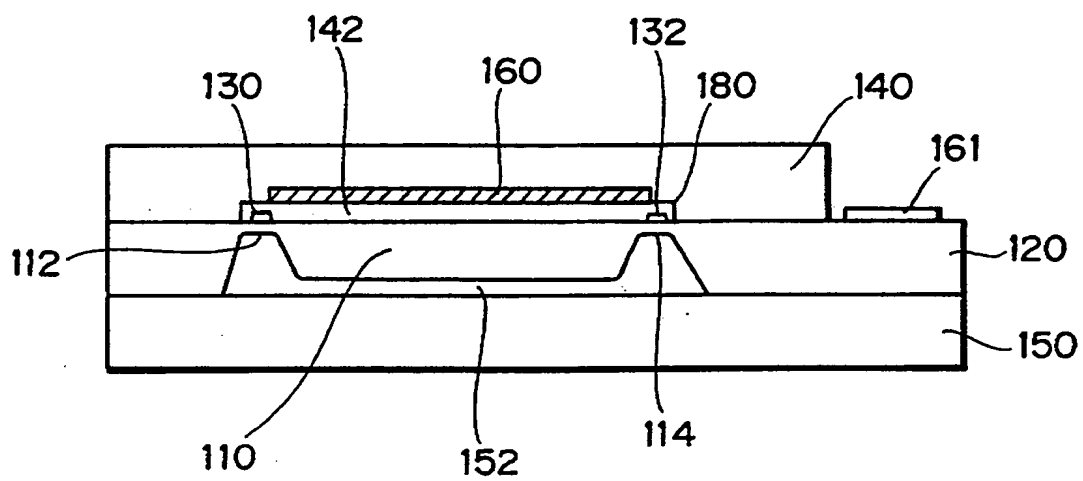
50

55

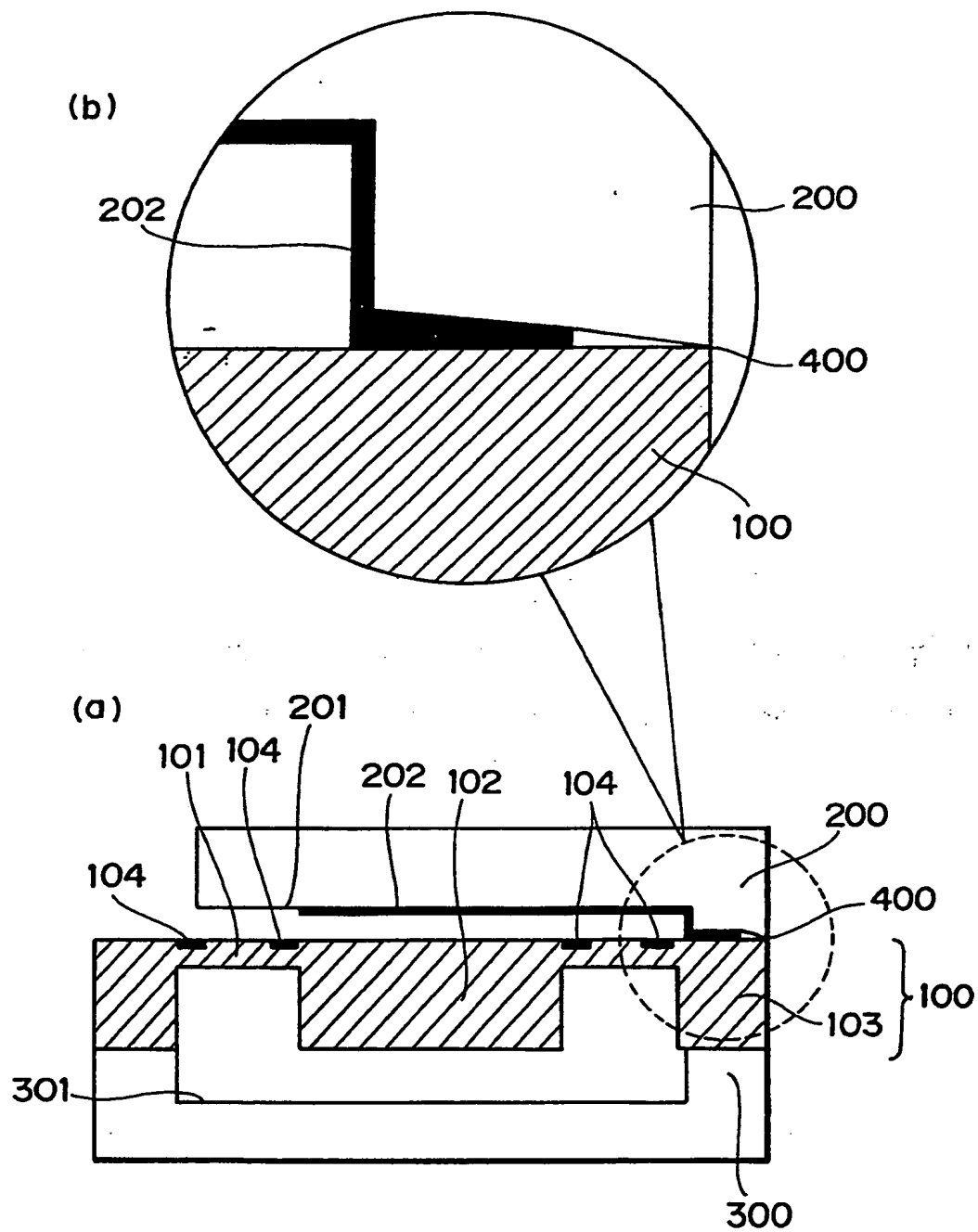
60

65





**FIG. 1** (STAND DER TECHNIK)



**FIG. 2 (STAND DER TECHNIK)**

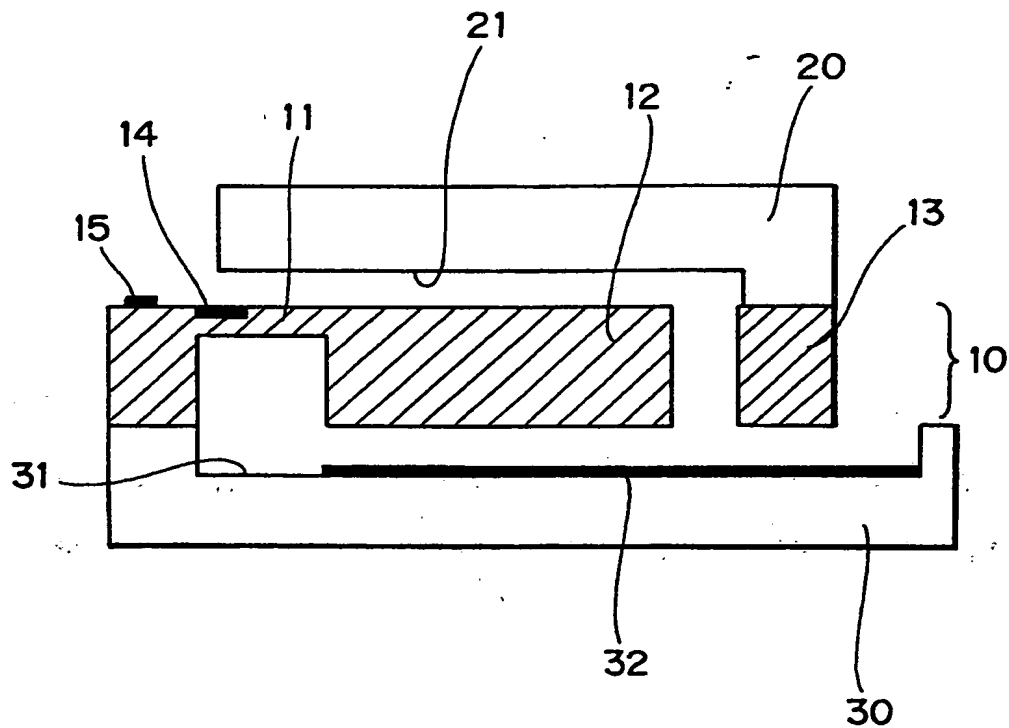


FIG. 3 →

FIG.4A

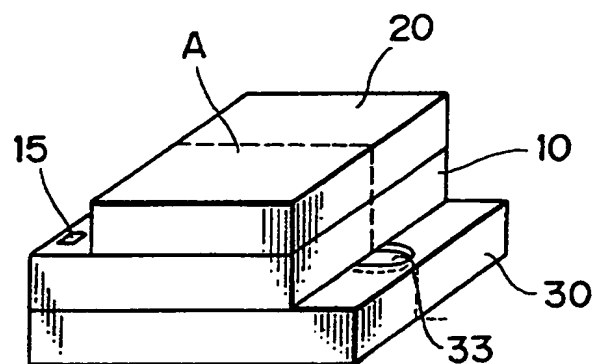


FIG.4B

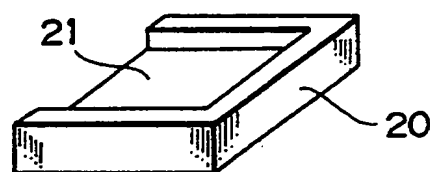


FIG.4C

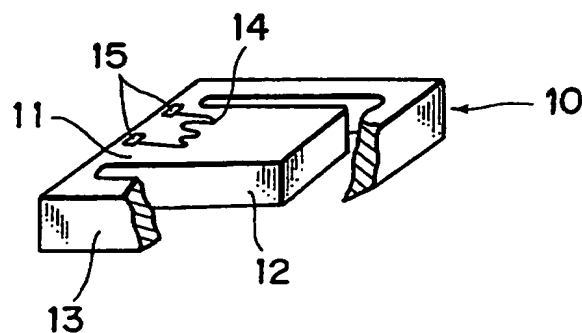
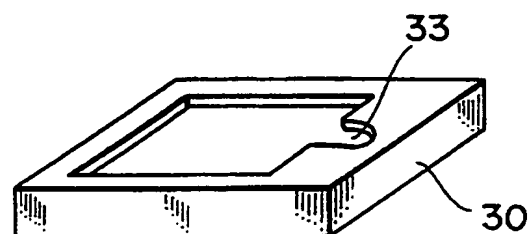


FIG.4D



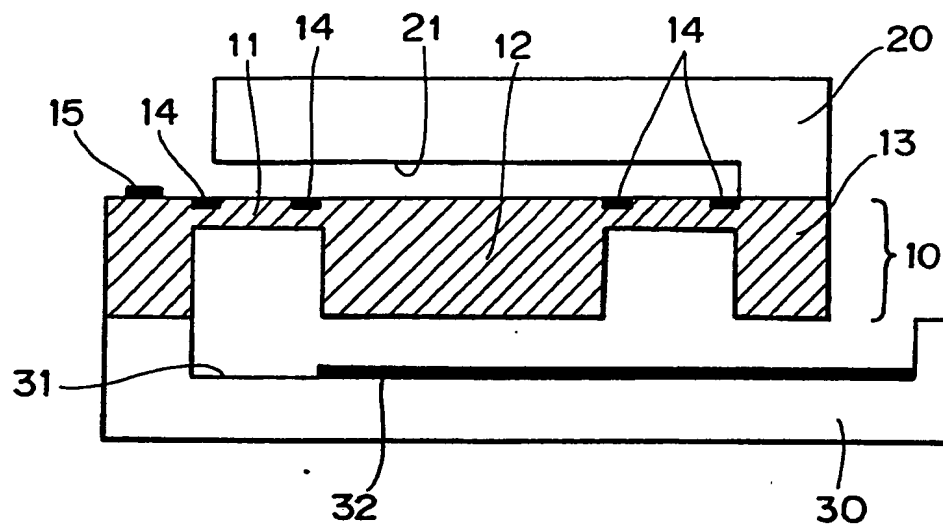


FIG. 5

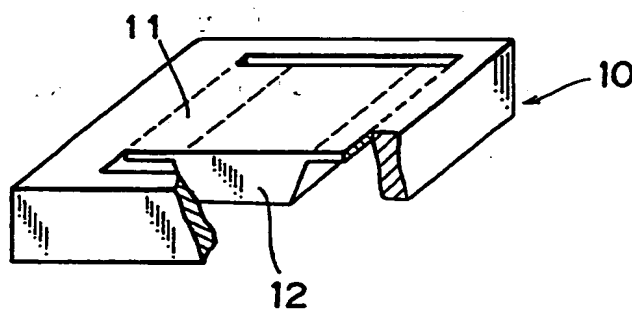


FIG. 6

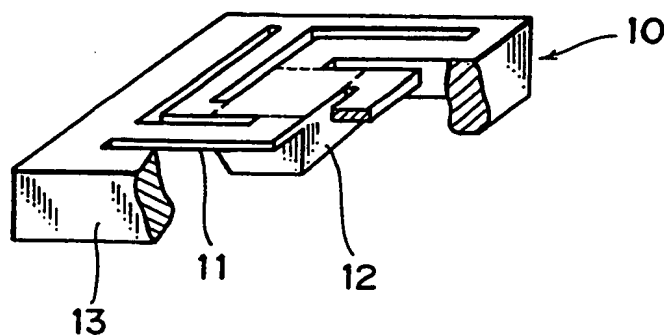


FIG. 7

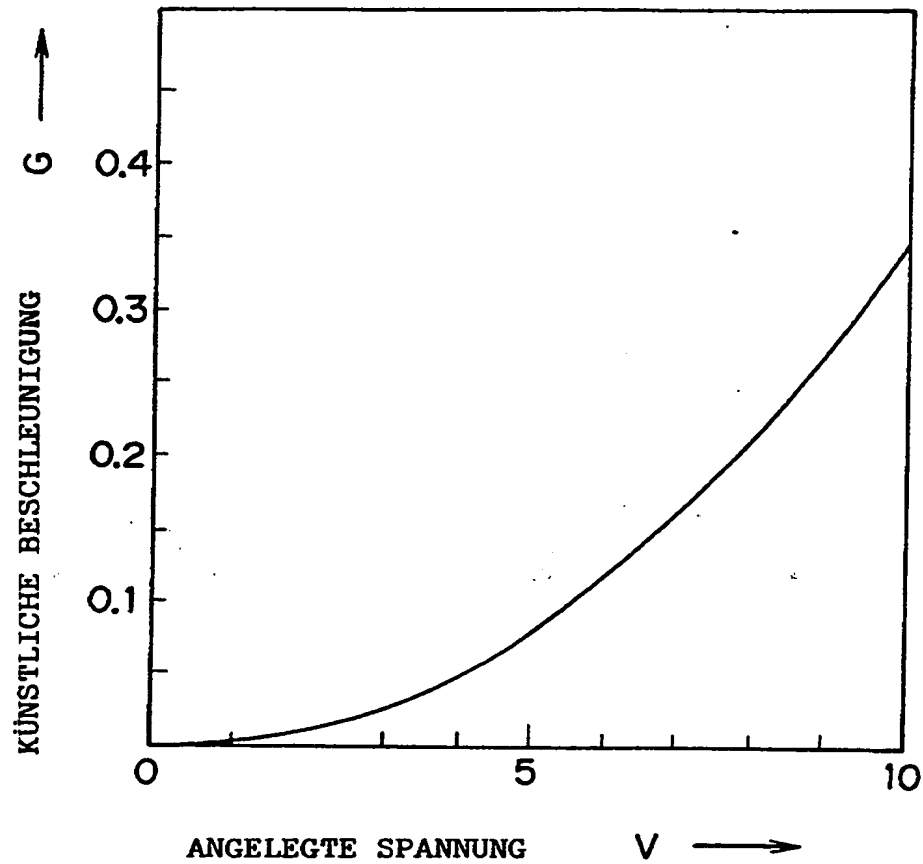


FIG.8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**